

# 난연성 및 항균성 우수한 경질우레탄 폼 개발에 관한 연구

갈준총\*, 양승현\*\*, 김득주\*\*\*, 최낙정\*, 김민수\*†

\*전북대학교 기계설계공학부

\*\*전북대학교 지역건설공학과

\*\*\* (주)아트스톤

† e-mail: kimms@jbnu.ac.kr

## A Study on the Development of High Flame Resistant and Antibacterial Rigid Polyurethane Foams

Jun-Cong Ge\*, Deuk-Ju Kim\*\*, Nag-Jung Choi\*, Min-Soo Kim\*†

\*Division of Mechanical Design Engineering, Jeonbuk National University

\*\*Department of Regional Construction Engineering, Jeonbuk National University

\*\*\*Art stone Co., Ltd

† e-mail: kimms@jbnu.ac.kr

### 요 약

건축판넬이나 보드 단열재로 사용되는 경질우레탄폼에서의 단열성, 방음효과 및 보온성 등 특성은 다양한 첨가제가 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 따라서 본 연구에서 Fly ash과 다양한 첨가제를 이용하여 난연성 및 항균성 우수한 경질우레탄폼을 성공하게 제조하였으며, 제조된 경질우레탄폼은 표면이 벌집모양의 닫혀있는 closed cell 구조를 가지고 있기 때문에 물 흡수가 거의 없으며, 단열성, 방음효과 및 보온성이 우수한 단열재의 특성을 보유하고 있다.

다수) 등 대형화재가 발생하였다.

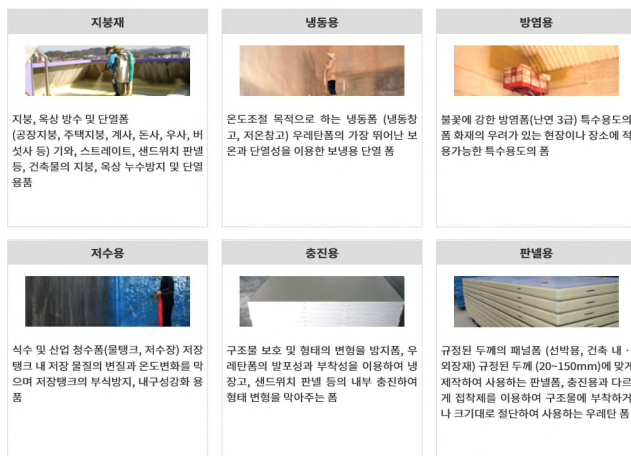
건축물에서 화재가 끊이지 않고 일어나면서 규제 사각지대에 남아있는 기존 건축물에 대한 대책이 필요하다는 지적이 나오고 있다. 최근 건축물에 대한 화재 성능 보강 의무가 강화되는 추세지만 신규 건축물에만 한정하면서 효과에 대해 의문이 제기되고 있다. 최근 몇 년간 건축물 화재는 점차 늘어나는 추세다. 2013년 2만5662건이던 건축물 화재는 2014년 2만5821건으로 늘었고, 2015년에는 2만6303건으로 다시 증가했다. 이에 따라 정부는 건축물 화재와 관련된 규제를 강화하고 있다. 2016년도 국토교통부에서 시행하는 "화재안전기준 강화법"에서 건물을 신축할 때 6층 이상 건물 외벽에는 불연·준불연 마감재를 하도록 하였다. 건축법에서는 불연 재료와 준불연재료, 난연재료에 대하여 건축법 시행령 제2조에 정의를 하고 있는데 불연재는 화재를 감안하여 10분 이상 열을 가해도 자체 열발산이 없고 불씨가 남지 않는 자재로서 불에 가장 강한 자재를 말한다. 대리석이나 석재, 콘크리트와 무기단열재 등 소재는 모두 불연재에 속한다. 준불연재는 불연재와 동일하지만 불에 탈 때 가스가 발생할 수 있어 불연재보다는 비교적 약한 자재를 말한다. 건축자재 중에서 석고보드와 인조대리석 등 쉽게 접할 수 있는 준불연 건축자재이다. 난연재는 불에 잘 타지 않는 성능을 가진 재료를 말하는데 건축내장재에 난연 기능이 더해진 제품이다. 즉, 화재가 발생할 경

### 1. 서론

지구온난화에 따른 기후변화에 대응하기 위하여 신규 건축물의 에너지성능 기준이 강화되고 있다. 2009년 12월 5일 '제6차 녹색성장위원회'에서 발표된 2020년 온실가스 감축 중기 목표내용을 살펴보면, 2025년부터는 외부에서 유입되는 에너지가 없는 수준(제로에너지 하우스 수준)으로 건설하도록 할 계획이며, 일반건물 또한 2025년부터 제로에너지 빌딩으로 의무화 한다는 계획이다[1]. 이에 건축 분야에서는 냉난방에 사용되는 에너지소비와 주요 온실가스인 이산화탄소(CO2)를 저감을 통한 건물의 단열성능 향상을 위한 연구가 활발히 진행되고 있는 추세이다. 따라서 에너지소비를 저감을 위한 건축물용 외장재 사용이 급하게 증가되고 있다. 이에 따라 난연 성능이 떨어진 외장재를 사용하게 되면 화재안전 확보대책은 상대적으로 미진하였다. 화재 발생 시 가연성 외장재가 연소를 더 급격하게 확대할 수 있기 때문에 화재확산을 가속화 시키며, 국내외 많은 화재사고 발생의 원인이 되었다. 2010년 부산 38층 고층 아파트화재(5명 부상), 2015년 의정부 10층아파트화재(4명 사망), 2017년 런던 24층 고층 아파트 화재(81명 사망, 부상 다수), 2017년 제천 복합건물화재(29명 사망, 부상

우 이의 확산을 저지해주는 기능을 난연이라고하며, 난연의 성능을 지닌 소재를 난연재라고 한다. 관련법규에 의한 기준에 따르면 난연재는 연소성, 가스유해성 시험결과에 따라 불에 타지 아니하는 성능을 가진 불연(난연1급), 불연재에 준하는 성질을 가진 준불연(난연2급) 재료로 구분한다. 금속, 유리, 광물등 불연 재료가 아닌 가연성소재에 불에 타지 아니하고 인명과 재산을 보호하는 성질을 부여하는 것을 난연화라 한다[2].

가연성 물질로서 언제나 화재의 위험성을 내포하고 있다. 이를 해결하기 위한 방편으로 고분자 재료의 난연화에 많은 관심을 보이고 있다. 경질우레탄 폼은 열전도도 값이 0.025 W/mK 정도로서 상업적으로 상온에서 사용되고 있는 단열재로서는 가장 작은 열전도도를 가지는 경제적인 재료 중의 하나이다[3]. 또한 독립기포형 경질폴리우레탄폼 (closed-cell polyurethane foam)은 우수한 단열 특성과 뛰어난 기계적 물성 및 성형 가공성으로 인하여 경질우레탄 폼은 체체의 단열성, 경량성 완충성 등의 성질을 활용하여 단독 또는 타재료와 복합하여 그림 1에 나타난 것과 같이 지붕재, 냉동용, 방염용, 저수용, 충전용, 판넬용 등으로써 광범위하게 사용되어 있다 [4-7]. 그리고 우레탄 폼 원액의 화학적 특성비교는 아래 표 1에 나타내었다.



[그림 1] 우레탄폼의 용도

[표 1] 우레탄 폼 원액 화학적 특성비교

| 물성/재품                     | 주제             | 결로방지용     | 저온창고용     | 냉동창고용     | 저수용       |
|---------------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 외관                        | 임갈색액상          | 갈색 투명액    |           |           |           |
| 비중                        | 1.2±0.1        | 1.17±0.05 | 1.18±0.05 | 1.18±0.05 | 1.15±0.05 |
| 점도                        | 200±50         | 125±50    | 130±50    | 175±50    | 350±50    |
| 배합비                       | 100            | 100       | 100       | 100       | 100       |
| Cream time(초)             | -              | 4초이내      | 4초이내      | 4초이내      | 4초이내      |
| Track free time(초)        | -              | 16초이내     | 16초이내     | 16초이내     | 16초이내     |
| Rising time(초)            | -              | 13초이내     | 12초이내     | 11초이내     | 12초이내     |
| Free blown density(kg/m³) | -              | 24±1      | 27±1      | 30±1      | 38±11     |
| 성형밀도(kg/m³)               | -              | 30±3      | 34±3      | 36±3      | 43±4      |
| 비고                        | 반응성은 계절별 조절 가능 |           |           |           |           |

한편, 화력발전소에서 발생하는 최종연소 부산물인 플라이 애쉬(Fly Ash, FA)는 천연적으로 발생하는 포졸라이나 시멘트와 유사한 성질을 가지고 있어 콘크리트용 혼화재료로 사용한다. 이와 단순 채움재, 도로 기층재, 등에 재활용되고 있고 그에대한 연구도 활발하다[8]. FA는 표면적이 크고 여러 성분의 존재로 인해 흡착성이 뛰어나 유기화합물, 염료, 중금속 이온 등을 물에서 제거할 수 있을 뿐만 아니라 공기에서 휘발성 유기화합물, CO2, SO2, NOx 등 가스도 제거할 수 있는 좋은 흡착물질로 활용할 수 있다[9-11]. 한편 다른 연구자들은 FA를 활용해 비교적 좋은 난연성을 가진 소재를 개발하였다 [8,12].

일반적으로 고분자 소재는 기공이 많을수록 단열성과 난연성이 우수하고, 수분함유량이 적어야 폭발현상도 예방할 수 있다. 따라서, 본 연구는 건축물에서 발생하는 화재로부터 국민의 안전을 확보하기 위한 난연성 및 항균성 우수한 경질우레탄 폼 개발을 목표로 fly ash, AgNO3 등 첨가제를 활용하여도 기존 경질우레탄 폼의 난연성을 확보하고자 하였다.

## 2. 실험

### 2.1 재료

본 연구에서 사용된 원료는 경질우레탄폼에 제조에서 사용한 폴리에테르 폴리올(Polyester polyol)과 polymeric MDI는 K사에서 제조되었다. 첨가제로는 우레탄폼의 난연성 및 유해가스 제거를 위해 국내 K화력발전소 연소과정에서 발생하는 fly ash(FA)를 굴뚝에서 전지 집진기로 포집한 연소재이다. 또한 K사에서 제조된 질산은, 은분말, 나노구리 분말, 진산구리 등을 항균제로 사용하였다.

### 2.2 경질우레탄폼의 제조방법

2L플라스틱 반응용기에 MDI를 투입하고 첨가제와 항균제를 일정한 비율로 투입하여 25°C에서 300 rpm의 교반기로 2시간 교반하였다(1차 혼합물). 그 후, 1차 혼합물에 폴리올을 일정한 비율로 투입하여 고속교반후 사각 Steel금형(300×300×100mm)에 붓고 뚜껑을 닫은 후 상온에서 발포반응을 진행하였다.

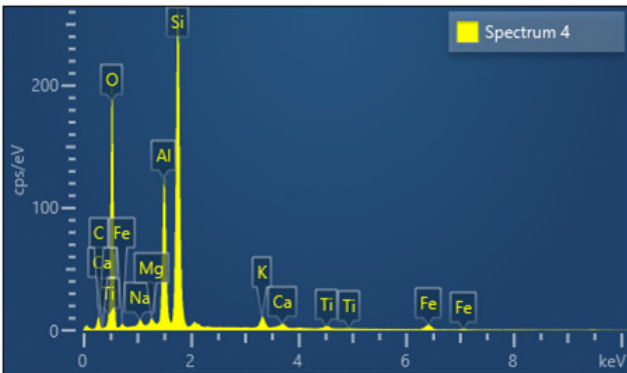
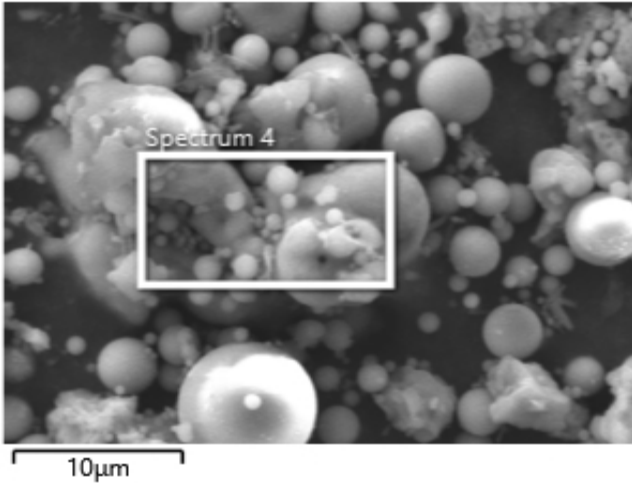
### 2.3 분석방법

경질우레탄폼을 제조한 후에 MDI, 첨가제 및 항균제의 결합 특성을 확인하기 위해 전계방출형 주사전자현미경(FE-SEM)을 이용하여 결합특성을 분석하였다. 또한 FE-SEM과 EDS를 이용하여 FA의 크기와 성분을 분석하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

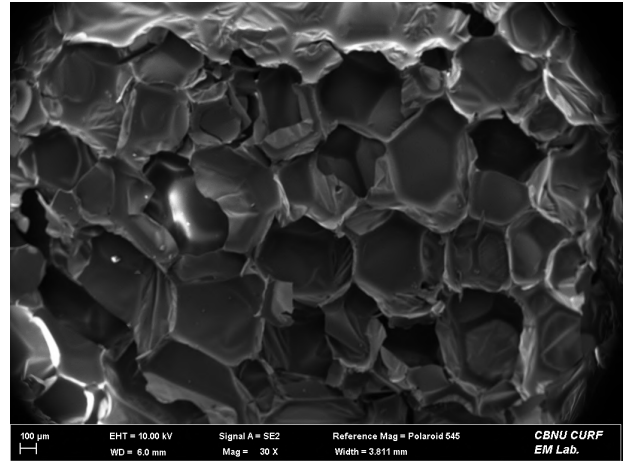
그림 2는 전자현미경을 이용하여 첨가제인 Fly ash powder에 대한 분석결과를 나타낸 그림이다. 그림 2에 보는 바와 같이 Fly ash는 다양한 크기의 구형 입자로 구성되며, 작은 입자의 크기는 나노 미터 수준에 도달한 것을 확인할 수 있다. 또한 Fly ash의 주성분은 그림 2에 나타난 바와 같이 Si, O, Al, Fe, C, Ti 등으로 조성되었다.

Electron Image 4



[그림 2] Fly ash powder의 SEM 사진과 EDS 성분분석 사진

전계방사형 주사전자 현미경을 이용하여 촬영한 경질우레탄 폼의 셀 구조를 그림 3에 나타내었다. 그림 3에 보는 바와 같이 대부분 셀 크기는 300µm 이하로 나타났다. 또한 본 연구에서 제조된 경질우레탄폼은 표면이 벌집모양의 단혀있는 closed cell 구조를 나타내었다. 수지 폼이 우수한 물성을 가지기 위해서는 필러의 균일한 분산이 중요하며, 필러가 불균일하게 분산되면 수지 폼의 물성을 약화시킬 수 있다[13]. 닫힌 셀 구조를 가지는 경질우레탄폼은 물 흡수가 거의 되지 않고, 단열성, 방음효과 및 보온성이 우수한 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서 개발된 단열재용 경질우레탄폼은 물 흡수가 거의 없으며, 단열성, 방음효과 및 보온성이 우수한 단열재의 특성을 보유하고 있다.



[그림 3] FE-SEM 사진

### 4. 결 론

Fly ash과 다양한 첨가제를 이용하여 항균성 및 난연성 우수한 경질우레탄폼을 성공하게 제조하였으며, 제조된 경질우레탄폼은 표면이 벌집모양의 단혀있는 closed cell 구조를 가지고 있기 때문에 물 흡수가 거의 없으며, 단열성, 방음효과 및 보온성이 우수한 단열재의 특성을 보유하고 있다.

### 후 기

본 성과물은 중소벤처기업부에서 지원하는 2020년도 산학연 Collabo R&D사업(No. S2898646)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

### 참고문헌

- [1] 서현재; 박진상; 오상근. 활착식 미늘 박스 앵커와 양날 세트 앵커를 이용한 외장 마감 단열 패널의 고정 공법 연구. 대한건축학회 논문집-구조계, 2011, 27.4: 97-104.
- [2] 이종택; 난연성 기술, 시장 및 사업화 분석. 한국과학기술정보연구원 사업기획분석실 2015, 12.
- [3] 안원술. 반응성 기포개방제를 이용한 개방기포형 경질우레탄폼. 한국산학기술학회 논문지, 2013, 14.5: 2524-2528.
- [4] <http://www.pluschem.co.kr/우레탄폼개요>
- [5] GRIMMINGER, Jobst; MUHA, K. Silicone surfactants for pentane blown rigid foam. Journal of cellular plastics, 1995, 31.1: 48-72.
- [6] GRIMMINGER, Jobst. New additive solutions for rigid polyurethane and polyisocyanurate lamination foams. Cellular polymers, 1999, 18.3: 175-195.
- [7] SINGH, Shree N. Blowing agents for polyurethane

- foams. iSmithers Rapra Publishing, 2001.
- [8] 오재훈, et al. Bottom Ash 골재 사용을 위한 제조기술 및 이를 사용한 경량콘크리트 패널의 난연성능에 관한 실험적 연구. 2. 한국방재학회 논문집, 2012, 12: 131-138.
- [9] CHAI, Jin-Chun; ONITSUK, Katsutada; HAYASHI, Shigenori. Cr (VI) concentration from batch contact/tank leaching and column percolation test using fly ash with additives. Journal of hazardous materials, 2009, 166.1: 67-73.
- [10] PANT, Hem Raj, et al. One-step fabrication of multifunctional composite polyurethane spider-web-like nanofibrous membrane for water purification. Journal of hazardous materials, 2014, 264: 25-33.
- [11] MUSHTAQ, Farwa, et al. Possible applications of coal fly ash in wastewater treatment. Journal of environmental management, 2019, 240: 27-46.
- [12] 이창우, 김지환, 함영민, 장윤호; 재생플라스틱을 이용한 파스콘 제품의 난연성 향상에 관한 연구. 한국화재소방학회 논문지, 제19권 제4호, 2005년.
- [13] S. A. Song and S. S. Kim, The Korean Society of Mechanical Engineers Proceedings of the KSME 2013 Spring/Autum Conference, 2257 (2013).